

氏 名	たけ ち のぶ ゆき 武 市 伸 幸
学 位 の 種 類	博士（農学）
学 位 記 番 号	乙第51号
学位授与年月日	平成17年 9月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 題 目	Dendroclimatological Studies of Coniferous Trees Grown in Western Region of Japan (西日本に生育する針葉樹に関する年輪気候学的研究)
学位論文審査委員	(主査) 古川 郁 夫 (副査) 山本 福 壽 片桐 成 夫 長澤 良 太 日置 佳 之

学 位 論 文 の 内 容 の 要 旨

わが国においては、年輪幅の年次変動から過去の気候を復元した年輪気候学的研究はほとんどなく、気候要素が樹木の肥大成長に制限的に作用しているかどうかを検討した研究もみられない。年輪気候学以外の年輪に関する研究を含めても、年輪幅の測定や規準化の手法においてデータ処理の方法は確立されておらず、各研究者が各々の方法で行っているのが現状である。そこで本研究においては、まず、年輪データの処理方法を確立するため、年輪幅の測定や規準化の手法の検討を行った。次に、相関分析法を用いて樹木の肥大成長に制限的に作用している気候要素を見出すとともに、応答関数作成に用いる気候要素の期間（応答関数の最初の月から最後の月までの12ヶ月間）と用いる気候要素について検討を行った。そして最後に年輪幅の年次変動に基づいた特定地点の気温の年次変動の復元および西日本や高知県を例とした気温分布の復元を行った。

第1章「年輪データの計測と規準化について」では、年輪データの測定、規準化の手法について検討した。年輪幅の測定に関して、わが国の年輪気候学的研究に用いられる針葉樹においては、毎年形成される年輪幅は0.1mm以上のものが大半である。したがって、細かい精度での測定や、高価な費用をかけ様々な情報を得たりすることよりも、測定する測線の数や個体数を増やすことにより、各測線・各個体に共通する変動を求める方が効果的と考えた。形成層の加齢効果と個体差の影響を除去する規準化に関しては、規準化の際に用いる標準成長曲線として指数曲線と多項式が適していることを示したのち、規準化の結果得られた年輪幅指数と気象データとの相関分析を行った。その結果、指数曲線と多項式いずれをあてはめ曲線に用いても相関分析の結果には大きな差はみられないものの、成長末期（伐採される直前）に年輪幅が広くなるような場合は多項式によるあてはめが適していること、成長曲線のあてはめの開始点は、成長初期（芽生えから数10年間）に急激な成長がみられる場合には、急激な成長が減衰した時点からあてはめを開始した方

がよいこと、あてはめを行う多項式の次数は実測値とあてはめた規準値の残差平方和が最も少ない次数の曲線が望ましいことなどが明らかとなった。

第2章「年輪幅と気候要素の相関性について」では、樹木の成長に影響を与える環境因子について考察するとともに、環境因子が肥大成長に制限的に作用しているかどうかを検討した。樹木の肥大成長に対する成長制限因子に関しては、樹木の毎年の年輪幅に変動をもたらす環境因子として気温と降水量を考え、気温・降水量の年次変動と年輪幅指数の年次変動の相関性を検討した。その結果、年輪幅指数の年次変動は、一年のうちで樹木の成長開始前および成長終了前の気温と有意な正の相関を示す傾向にあり、降水量との相関はあまり認められないことが明らかとなった。このことから、西日本の樹木の肥大成長は、亜寒帯の樹木の肥大成長と同様気温の影響を強く受けた成長（気温成長型）であると考えられる。年輪幅指数の年次変動と、それと有意な相関を示す気候要素の年次変動の対応関係に関しては、比較的気温が低い地点において、両者が1%の危険率で有意な相関を示す場合には、年輪幅指数の値が前後の年の値より小さい年（成長の谷）と、年輪幅指数と有意な相関を示す月の気温が低下している年の間には対応関係が認められ、気温が肥大成長に制限的に作用していることが明らかになった。

第3章「応答関数による年輪幅と気候要素の関連性について」では、気候要素が樹木の肥大成長に与える影響パターンを知る手法である応答関数について、その作成方法を述べるとともに、中国地方山間部の広島県芸北町、太平洋側の高知県馬路村魚梁瀬と安芸市の年輪データを用いて、応答関数作成に用いる気候要素の期間と用いる気候要素の検討を行った。その結果、近接した地点であっても、樹種が異なると気候要素に対する肥大成長の応答パターンは異なること、応答関数に用いる気候要素に関しては、太平洋側の魚梁瀬や安芸では、気温のみを用いた応答関数が適しており、他方、中国地方の芸北では、降水量のみあるいは気温と降水量を組み合わせた応答関数が適していることが明らかとなった。また、応答関数作成に用いる気候要素の期間については、今回検討した各地点に関しては、前年の11月から当年の10月までの期間で作成した応答関数が、前年の7月から当年の6月までの期間で作成した応答関数よりも適していると考えられた。

第4章「応答関数を用いた復元月決定による特定地点の気候復元」と第5章「伝達関数による年輪幅データを用いた気温分布復元の検討」では、年輪幅を用いた過去の気候復元に関して、特定地点の気温の年次変動の復元を行うとともに、過去の気温分布の復元も行った。

まず、第4章では、特定地点の気温の年次変動の復元として、高知県馬路村魚梁瀬と宮崎県高千穂を取り上げ、応答関数による分析の結果から、樹木の肥大成長に最も影響を及ぼしていると考えられる月の気候要素の年次変動の復元を行うこととし、魚梁瀬では11月の最高気温の年次変動の復元を、高千穂では4月の最低気温の年次変動の復元を行った。その結果、魚梁瀬では5年間移動平均を、高千穂では9年間移動平均を行うと、実測値と復元値はおおむね一致する傾向にあった。

第5章の気温分布の復元は、最初に、四国・中国・九州地方の年輪採取地点（10地点）とそれに隣接する気象観測地点（10地点）を用いて、年輪幅分布を用いた気温分布の復元の可能性を検討した。その結果、両者が近接し、地点数が同数の場合には、年単位での気温分布復元が可能

であることが明らかとなった。次に、高知県地方において、気象観測地点の地点数より年輪試料採取地点数の少ない場合について、年輪採取地点（3地点）から、それらから離れている気象観測地点（9地点）の気温分布の復元を試みた。その結果、10年平均でみると、年輪幅の分布から復元された気温偏差の分布は、寒暖の期間において日記などの文書記録に基づいた寒暖の復元結果と一致がみられることから、気象観測点から離れた場所に生育している年輪試料を用いた気温分布の復元も、10年平均のように数年間の平均状態の復元であれば可能であることが明らかとなった。

以上の結果より、復元できる月については制限があるものの、年輪幅より過去の気温の年次変動や気温分布の復元が可能であることが明らかとなった。

論文審査の結果の要旨

わが国においては、年輪幅の年次変動から過去の気候を復元した年輪気候学的研究はほとんどなく、気候要素が樹木の肥大成長に制限的に作用しているかどうかを検討した研究もみられない。年輪気候学以外の年輪に関する研究を含めても、年輪幅の測定や規準化の手法においてデータ処理の方法は確立されておらず、各研究者が各々の方法で行っているのが現状である。そこで本研究においては、次の5点について検討した。まず、①年輪データの処理方法を確立するため、年輪幅の測定や規準化の手法の検討を行った。次に②相関分析法を用いて樹木の肥大成長に制限的に作用している気候要素を見出すとともに、③応答関数作成に用いる気候要素の期間（応答関数の最初の月から最後の月までの12ヶ月間）と用いる気候要素について検討を行った。そして最後に、④年輪幅の年次変動に基づいた特定地点の気温の年次変動の復元、および⑤西日本や高知県を例とした気温分布の復元を試みた。

1) まず、年輪データの測定、年輪データの規準化の手法について検討した。年輪幅の測定に関して、わが国の年輪気候学的研究によく用いられる針葉樹類は、毎年形成される年輪幅が0.1mm以上のものが大半である。したがって、細かい精度での測定や、多大な費用をかけて様々な情報を得ようとするよりも、測定する測線の数や個体数を増やすことによって、各測線や各個体に共通する変動を求める方が効果的と考えた。形成層の加齢効果と個体差の影響を除去する規準化に関しては、規準化の際に用いる標準成長曲線として指数曲線と多項式が適していることを示したのち、規準化の結果得られた年輪幅指数と気象データとの相関分析を行った。その結果、指数曲線と多項式のいずれのあてはめ曲線を用いても相関分析の結果には大きな差はみられないものの、成長末期（伐採される直前）に年輪幅が広くなるような場合には多項式のあてはめが適していること、また成長曲線へのあてはめ開始点は、成長初期（芽生えから数10年間）に急激な成長がみられる場合には、急激な成長が減衰した時点からあてはめを開始した方がよいこと、さらにあてはめを行う多項式の次数は実測値とあてはめた規準値の残差平方和が最も少ない次数の曲線が望ましいことなどが明らかとなった。

2) 次に、樹木の成長に影響を及ぼす環境因子について考察するとともに、環境因子が肥大成長に制限的に作用しているかどうかを検討した。樹木の肥大成長に対する成長制限因子としては気温と降水量を考え、気温と降水量の年次変動と年輪幅指数の年次変動との相関性を検討した。その結果、年輪幅指数の年次変動は、一年のうちで樹木の成長開始前および成長終了前の気温と有意な正の相関を示す傾向にあり、降水量との相関はあまり認められないことが明らかとなった。このことから、西日本の樹木の肥大成長には、亜寒帯の樹木の肥大成長と同様に気温の影響を強く受ける成長（気温成長型）と考えられた。年輪幅指数の年次変動と、それとの有意な相関を示す気候要素の年次変動の対応関係は、比較的気温が低い地点において、両者が1%の危険率で有意な相関を示す場合には、年輪幅指数の値がその前後の年の値より小さい年（成長の谷）と、年輪幅指数と有意な相関を示す月の気温が低下している年の間には対応関係が認められ、気温が肥大成長に制限的に作用していることが明らかになった。

3) さらに、気候要素が樹木の肥大成長に与える影響パターンを知る手法である応答関数について、その作成方法を確定するとともに、中国地方山間部の広島県芸北町、太平洋側の高知県馬路村魚梁瀬と安芸市の年輪データを用いて、応答関数作成に用いる気候要素の期間と用いる気候要素の検討を行った。その結果、近接した地点であっても、樹種が異なると気候要素に対する肥大成長の応答パターンは異なること、応答関数に用いる気候要素に関しては、太平洋側の魚梁瀬や安芸では、気温のみを用いた応答関数が適しており、他方、中国地方の芸北では、降水量のみか、あるいは気温と降水量を組み合わせた応答関数が適していることが明らかとなった。また、応答関数作成に用いる気候要素の期間については、今回検討した各地点に関しては、前年の11月から当年の10月までの期間で作成した応答関数が、前年の7月から当年の6月までの期間で作成した応答関数よりも適していることが判明した。

4) 続いて、特定地点の気温の年次変動復元の試みとして、高知県馬路村魚梁瀬と宮崎県高千穂を取り上げ、応答関数による分析の結果から、樹木の肥大成長に最も影響を及ぼしていると考えられる月の気候要素の年次変動の復元を行うこととし、魚梁瀬では11月の最高気温の年次変動の復元を、高千穂では4月の最低気温の年次変動の復元を行った。その結果、魚梁瀬では5年間移動平均を、高千穂では9年間移動平均を行うと、実測値と復元値はおおむね一致する傾向にあった。

5) 特定地域の気温分布の復元の試みとしては、最初に、四国・中国・九州地方の年輪採取地点（10地点）とそれらに隣接する気象観測地点（10地点）を用いて、年輪幅分布を用いた気温分布の復元の可能性を検討した。その結果、両者が近接し、地点数が同数の場合には、年単位での気温分布復元が可能であることが明らかとなった。次に、高知県地方において、気象観測地点の地点数より年輪試料採取地点数の少ない場合について、年輪採取地点（3地点）から、それらから離れている気象観測地点（9地点）の気温分布の復元を試みた。その結果、10年平均でみると、年輪幅の分布から復元された気温偏差の分布は、寒暖の期間において日記などの文書記録に基づいた寒暖の復元結果と一致がみられることから、気象観測点から離れた場所に生育している年輪試料を用いた気温分布の復元も、10年平均のように数年間の平均状態の復元であれば可能である

ことが明らかとなった。

以上に示したように、本論文は、わが国で始めて Fritts(1976)の理論を完璧に駆使し、応用することによって、わが国では不可能あるいは困難と考えられてきた温暖湿潤な気候に生育する樹木の年輪データを用いて、その樹木が生育する地点の過去の気温の年次変動やそれらの樹木が生育する地域の気温の分布を（復元できる時期に制限があるものの）復元することに始めて成功した画期的な成果である。申請者が 20 年以上の年月をかけて、精魂を傾けて完成した西日本産樹木による年輪気候学の研究体系は、わが国における本格的な年輪気候学研究の道を切り開いたものとして、その功績は高く評価でき、学位論文として十分な価値を有するものと判定した。